

Yayın Geliş Tarihi (Submitted): 20/05/2019

Yayın Kabul Tarihi (Accepted): 26/12/2019

Makele Türü (Paper Type): Araştırma Makalesi – Research Paper

ANKARA'DA FARKLI HAVA KALİTESİ İZLEME İSTASYONLARINDAN ELDE EDİLEN VERİLERİN KANTİL REGRESYON ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

Nur Efşan TIĞLI¹, Şengül CANGÜR²

ÖZET

Modern yaşamın getirdiği şehirleşmenin bir sonucu olan hava kirliliği, yerel ve bölgesel olduğu kadar küresel ölçekte de etki alanına sahiptir. Hava kirliliğinin insan sağlığına önemli etkileri olması sebebiyle, hava kalitesi konusuna tüm dünyada büyük önem verilmektedir. Bu çalışmanın amacı, ülkemizin merkezi olan Ankara'da farklı beşeri ve coğrafi özelliklere ait istasyonlarda ölçülen iklim elemanlarının, (sıcaklık, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, bağıl nem ve basınç), hava kirliliği parametreleri (Partikül Madde 10-PM10, kükürt dioksit-SO₂, azot dioksit-NO₂, karbon monoksit-CO ve ozon-O₃) kantil regresyon analiziyle incelemektir. Bu amaçla, farklı beşeri ve coğrafi özelliklere ait beş istasyon (Keçiören, Sıhhiye, Cebeci, Dikmen, Sincan) tabakalı örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan 1 Ocak-31 Aralık 2017 tarihleri arasında günlük 6 saat aralıklarla ölçülen veriler baz alınmıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün önerdiği hava kalitesi kriterlerine göre seçilmiş olan hava kirliliği parametreleri (PM10, SO₂, NO₂, CO, O₃) bağımlı değişkenler olarak alınırken, iklim elemanları (sıcaklık, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, bağıl nem ve basınç) ölçümlerinin her biri de bağımsız değişken olarak alınmıştır. Bağımsız değişkenlerin her birinin bağımlı değişkenler üzerinde etkisi Kantil Regresyon analizi kullanılarak R-CRAN programında incelenmiştir. Çalışmada hava kirliliği parametrelerinin QR=0.25, QR=0.50 ve QR=0.75 için kantil regresyon denklemleri hesaplanmış ve en uygun model seçiminde Akaike Bilgi Kriteri-AIC ve Schwarz Bayes Bilgi Kriterinden-SBIC yararlanılmıştır. Analizler sonucunda sıcaklığın PM10, SO₂, NO₂, O₃, CO hava kirliliği parametreleri üzerinde anlamlı etkisi olduğu bulunmuştur. Ayrıca rüzgâr yönünün PM10, CO, O₃ değerleri üzerinde, rüzgâr hızının PM10, NO₂ üzerinde, bağıl nemin SO₂, O₃, CO değerleri üzerinde ve basıncın ise PM10, SO₂, NO₂, CO hava kirliliği parametreleri üzerinde anlamlı etkileri oldukları belirlenmiştir. Her bir istasyonun farklı hava

¹ Sorumlu Yazar, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3847-9275>.

² Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0732-8952>.

kirliliği parametrelerini ve iklim elemanlarını ölçmesinin sonucu olarak kantil regresyon denklemlerinde anlamlı çıkan parametrelerin, istasyonların bulunduğu çevrenin beşeri ve coğrafi özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir. Kantil regresyon analizinin her bir hava kirliliği parametresi üzerinde iklimsel faktör/faktörlerin etkilerini elde etmek ve tahmini modeller yardımıyla geleceğe yönelik kestirimlerde bulunmak için kullanışlı bir araç olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hava Kirliliği, Kantil Regresyon, Akaike Bilgi Kriteri, Schwarz Bayes Bilgi Kriteri, Ankara, Hava Kalitesi

INVESTIGATION OF DATA FROM VARIOUS AIR QUALITY MONITORING STATIONS IN ANKARA USING QUANTILE REGRESSION ANALYSIS

ABSTRACT

Air pollution, which is the result of urbanization brought by modern life, has an impact on a global scale as well as local and regional. Since air pollution has important effects on human health, great importance is given to the issue of air quality all over the world. The aim of this study is to investigate the effects of climate elements (temperature, wind speed, wind direction, relative humidity and pressure) on air pollution parameters (Particulate Matter 10-PM10, sulfur dioxide-SO₂, nitrogen dioxide-NO₂, Carbon monoxide-CO and ozone-O₃) with quantile regression analysis, which is measured in stations of different human and geographical characteristics in Ankara. For this purpose, five stations of different human and geographical characteristics (Keçiören, Sıhhiye, Cebeci, Dikmen, Sincan) were selected by stratified sampling method. It was based on data measured at 6-hours intervals between January 1 and December 31 2017 at the selected stations, published by the Ministry of Environment and Urbanization. Air pollution parameters (PM10, SO₂, NO₂, CO, O₃) selected according to the air quality criteria proposed by the World Health Organization were taken as dependent variables, while each of the climate elements (temperature, wind speed, wind direction, relative humidity and pressure) measurements was taken as dependent variables. The effect of each of the independent variables on dependent variables was examined in R-CRAN program using quantile regression analysis. In the study, quantile regression equations were calculated for QR = 0.25, QR = 0.50 and QR = 0.75 of air pollution parameters and Akaike Information Criteria-AIC and Schwarz Bayes Information Criteria-SBIC were used in the selection of the most

appropriate model. As a result of the analysis, it was found that temperature had a significant effect on air pollution parameters (PM10, SO2, NO2, O3, CO). In addition, it was been determined that wind direction had significant effects on PM10, CO, O3 values, wind speed had significant effects on PM10, NO2, relative humidity had significant effects on SO2, O3, CO values and pressure had significant effects on PM10, SO2, NO2, CO air pollution parameters. As a result of the measurement of different air pollution parameters and climate elements of each station, it can be said that the parameters that are significant in the quantile regression equations are due to the human and geographical characteristics of the environment where the stations are located. It is seen that quantile regression analysis is a useful tool to obtain the effects of climatic factor/factors on each air pollution parameter and to make predictions for the future with the help of estimated models.

Keywords: Air pollution, Quantile Regression, Akaike Information Criteria, Schwarz Bayes Information Criteria, Ankara, air quality

1. GİRİŞ

Modern yaşamın getirdiği şehirleşmenin bir sonucu olan hava kirliliği, yerel ve bölgesel olduğu kadar küresel ölçekte de etki alanına sahiptir. Hava kirliliğinin insan sağlığına önemli etkileri olması sebebiyle, hava kalitesi konusuna tüm dünyada büyük önem verilmektedir. Hava kirliliği problemlerini çözmek ve strateji belirlemek için, bilimsel topluluk ve ilgili otoritenin her ikisi de atmosferik kirletici konsantrasyonlarını izlemek ve analiz etmek konusuna odaklanmışlardır (Kyrkilis, vd., 2007).

Bir bölgedeki kirletici seviyelerini anlamak için uygun bir aracın geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu araç, vatandaşın hava kirliliği seviyesi hakkında doğru ve anlaşılabilir şekilde bilgi sağlarken, aynı zamanda ilgili otoritelerin toplum sağlığını korumak için önlem almaları konusunda olmalıdır. Hava kirliliğine maruz kalmanın yol açtığı rahatsızlıklardan dolayı kent hava kirliliği günlük seviyelerinin bilinmesi önemli olduğundan, hava kalitesi iletişimi konusu etkili bir şekilde ele alınmalıdır. Ayrıca, bir ülkenin hava kalitesini iyileştirme başarısı, yerel ve ulusal hava kirliliği sorunları hakkında iyi bilgilendirilmiş vatandaşların desteğine ve azaltma çabalarının ilerlemesine bağlıdır (Kyrkilis vd., 2007).

Dünyada hava kirliliği için alınan önlemler, özellikle nüfus yoğunluğu olan ülkelerde oldukça fazladır. Bu sebeple hava kirliliğini azaltmak için alınan tedbir ve eylem planları gelecekte insan sağlığını etkilemesi, yerel ve küresel bağlamda iklim değişikliklerine sebep olması nedeniyle öncelik taşımaktadır. Hava kalitesini iyi seviyeye çekmek için düşük karbonlu araç teşviki, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji verimliliği önlemleri gibi eylem planları oluşturulmaktadır. Bu planları gerçekleştirmek için insanları bilgilendirmek ve sürdürülebilir davranışları teşvik etmek için ise halkın katılımının sağlanması gerekmektedir (Sharma, 2014).

Tüm dünyada yaygın olarak kullanılan, Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) olarak bilinen sınıflama sistemi ile havadaki kirleticilerin konsantrasyonlarına göre hava kalitesini iyi, orta, kötü, tehlikeli vb. şekilde derecelendirme yapılmaktadır. Dünyanın pek çok ülkesinde indeks hesaplanmasında kullanılan yöntem ve kriterler, kendi ülkelerinde uygulanan hava kalitesi standartlarına uygun şekilde oluşturulmuştur. Hava kalitesini tanımlamanın bir yolu, tüm kirleticilerin konsantrasyonlarını kabul edilebilir seviyelere (standartlara) rapor etmektir (Sharma, 2014).

Hava kirliliğine sebep olan en yaygın kirleticiler kükürt dioksit (SO₂), partikül madde 10 (PM₁₀), karbon monoksit (CO), ozon (O₃) ve azot dioksit/azotoksitlerdir (NO₂/NO_x). Hava kirliliği parametrelerinin temel kaynakları incelendiğinde; SO₂'e fosil yakıt yanması ve taşıt emisyonlarının neden oldukları; PM₁₀'a sanayi, taşıt emisyonları, fosil yakıt yanması, tarım ve ikincil kimyasal reaksiyonların neden oldukları; CO'ya eksik yanma ürünü ve taşıt emisyonlarının neden oldukları; O₃'e trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) güneş ışığıyla değişiminin neden oldukları ve NO₂/NO_x'e ise taşıt emisyonlarının ve yüksek sıcaklıkta yanma proseslerinin neden oldukları bilinmektedir (TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Hava Kirliliği Raporu, 2017).

Türkiye'de hava kirliliği, özellikle 1950'li yıllardan sonraki hızlı nüfus artışı, hızlı kentleşme ve endüstrileşme sonucu artan enerji talebinin daha çok petrol ve kömür gibi fosil yakıtlarla karşılanmaya çalışılması sonucu başta İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük kentlerde olmak üzere şiddetli epizotlara yol açmıştır (Bayram ve Dikensoy, 2005). Kentlerdeki hava kirliliği, doğal koşulların yanında beşeri koşullarla da yakından ilgilidir. Hava kirliliği, ülkemizde bir çevre problemi olarak ilk kez, 1960'lı yılların başlarında Ankara'da ortaya çıkmıştır (Çiçek, Türkoğlu ve Gürge, 2004). Ankara'nın topografik yapısı, rüzgâr ve yağış gibi nedenler de hava kirliliğinin hızla artmasına sebep olmuştur. Ankara'daki hava kirliliğinin temel

nedenleri olarak endüstriyel ve sanayileşmeden kaynaklanan, ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklanan, taşıma araçlarında kullanılan yakıtların yanmasıyla oluşan, hızla artan kentleşme ve orman alanlarının azalmasından doğan hava kirliliği olarak sıralanabilir (Turgut ve Temiz, 2015).

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinin 4. Maddesinde kirletici seviyeleri için uyarı eşiği: “Aşıldığında, nüfusun geneli için kısa süreli maruz kalmadan dolayı insan sağlığına bir riskin söz konusu olduğu ve ilgili yetkili merci tarafından acil önlemlerin alınacağı seviye” şeklinde tanımlanmaktadır. Hava kirliliğini incelemek Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın istasyonlarında yapılan resmi ölçümler ile mümkün olmaktadır (TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, 2019).

Bir bölgedeki hava kirliliği seviyesi, sadece kirliliği meydana getiren kaynaklardan gelen kirlilik miktarına değil; aynı zamanda bölgenin topoğrafik yapısına ve o andaki meteorolojik şartlara da bağlıdır. Lokal hava kirliliği seviyesine etki eden en önemli unsurların başında, meteorolojik faktörler gelmektedir (Dursun, 1997). Önemli meteorolojik olaylardan biri de rüzgâr olaylarıdır. Rüzgâr hızı ile kirletici seviyeleri ters orantılı olduğu için rüzgâr hızı arttıkça kirlilik seviyesi azalmaktadır. Kirleticiler rüzgârın estiği yönde hareket edip yayıldığı için rüzgâr yönü de önemlidir. Rüzgâr yönünün değişmesi kirleticilerin farklı bölgelere taşınmasına sebep olur (Çiçek, vd. 2004). Ayrıca kirletici maddeler yüksek basınçta hava akımlarıyla yukarı doğru taşınmadığından bu maddelerin dağılıp karışması gecikmektedir. Özellikle kış aylarında daha çok basınç artışıyla sis oluşumu daha çok görülmektedir. Böylece hava kirliliğinin oluşması ve devamı bakımından diğer meteorolojik parametrelerin yanında hava basıncı da önemlidir (Ceyhan vd., 1995).

Hava kirliliğine etki eden yukarıdaki ifade edilen tüm faktörlerin birlikte değerlendirilebilmesi, geleceğe yönelik tahminler elde edilebilmesi ve bu doğrultuda hava kirliliğine yönelik önlemler alınabilmesi için istatistiksel araç ve modellemelerden yararlanılmasının bir ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Bu çalışmanın amacı, Ankara'da farklı beşeri ve coğrafi özelliklere ait istasyonlarda ölçülen iklim elemanlarının (sıcaklık, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, bağıl nem ve basınç), PM10, SO2, NO2, CO ve O3 hava kirliliği parametreleri üzerindeki etkilerini Kantil regresyon analizi ile incelemektir.

2. YÖNTEM VE METODOLOJİ

Bu çalışmada, Türkiye'nin başkenti Ankara'da 8 adet hava kalitesi izleme istasyonundan farklı beşeri ve coğrafi özelliklere ait beş istasyon (Keçiören, Sıhhiye, Cebeci, Dikmen, Sincan) tabakalı örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. İstasyonların seçimi, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) Çevre Mühendisleri 2017 Hava Kirliliği Raporu'nda yer alan 2016-2017 yılına ait Ankara'da günlük kirletici seviyesi ölçümünün en çok yapıldığı istasyonlar dikkate alınarak yapılmıştır. 1 Ocak-31 Aralık 2017 tarihleri arasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan günlük 6 saat aralıklı veriler baz alınmıştır. Hava kirliliği parametrelerinden PM10, SO2, NO2'nin tüm istasyonlarda, O3 ve CO'nun ise sadece iki istasyonda düzenli ölçümleri mevcuttur. Benzer şekilde rüzgâr hızı (sadece iki istasyonda) dışında diğer iklim elemanlarının da tüm istasyonlarda düzenli ölçüm sonuçları bulunmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün önerdiği hava kalitesi kriterlerine göre seçilmiş olan hava kirliliği parametrelerinden PM10, SO2, NO2, CO, O3 bağımlı değişkenler olarak alınırken, iklim elemanları sıcaklık, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, bağıl nem ve basınç ölçümlerinin her biri de bağımsız değişken olarak alınmıştır. Bağımlı değişkenlerin normal dağılıma uymamasından dolayı basit doğrusal regresyon analiz tekniklerine alternatif bir analiz tekniği olarak Kantil regresyon yöntemi kullanılmıştır. Analizler R-CRAN programlama dilinde yapılmıştır. Seçilen iklim elemanlarını kullanarak, her istasyonda %25, %50 ve %75'lik dilimlerdeki hassasiyetleri belirlemek için her bir hava kirliliği parametresinin lineer kantil regresyon eşitlikleri kurulmuştur. Koenker (2019) ve Shumway ve Stoffer (2011)'in önerdiği gibi elde edilen regresyon eşitlikleri içinden en uygun modele ulaşmak için Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Schwarz Bayes Bilgi Kriteri (SBIC) kullanılmıştır (Eşitlik 1.1-1.2).

$$AIC = \log \left(\frac{SSE(k)}{n} \right) + \frac{n+2k}{n} \quad (1.1)$$

$$SBIC = \log \left(\frac{SSE(k)}{n} \right) + \frac{0.5(n+2k)\log(n)}{n} \quad (1.2)$$

Burada k modeldeki parametre sayısını $SSE(k)$, k adet regresyon katsayılı modelin artık kareler toplamını ve n örneklem genişliğini göstermektedir. Minimum AIC ve SBIC değerlerini elde eden k değeri en iyi modeli belirlemektedir.

Kantil regresyon analizi, alt kantil değerlerinde halk sağlığını daha az etkileyen ve üst

kantil değerlerinde aşırı kirlilik gösteren değerleri inceleyebilmek açısından oldukça kullanışlı bir yöntemdir.

2.1. Kantil Regresyon Modeli

Kantil regresyon analizi, Koenker ve Bassett tarafından 1978 yılında bağımlı değişken normal dağılmadığı durumlarda ortaya çıkan söz konusu güçlüğü aşmak için medyan regresyondan yola çıkarak geliştirilmiştir. Medyan regresyon, bağımsız değişkende gerçekleşen bir değişimin, bağımlı değişkenin dağılımının 0.50'nci kantilindeki, diğer bir ifadeyle medyadaki, değişimi açıklamaktaydı. Kantil regresyon ise bağımlı değişkenin dağılımının çeşitli kantillerindeki değerlerini tahmin etmektedir. Bağımsız değişkende gerçekleşen bir değişimin bağımlı değişkene ait koşullu kantillerde nasıl bir değişime yol açtığı incelenmektedir. Dağılımın her iki ucundaki kantiller incelendiğinden ve koşullu kantil değerleri tahmin edildiğinden dolayı, asimetric dağılıma sahip bağımlı değişkenin değerleri daha doğru ve yansız olarak kestirilebilmektedir (Dorak, 2017). Kantil regresyon yönteminde herhangi bir dağılım varsayımı gerekmemektedir ve çeşitli kantillere bağlı olarak parametre katsayılarını tahmin ettiği için aşırı değerlerin bulunduğu veri setlerinde geleneksel yöntemlere göre daha iyi tahminler vermektedir. Ayrıca kantil regresyon değişen varyansın belirlenmesine imkân sağlamaktadır. Doğrusal regresyon analizinde ise veri yapısının model için uygun olması gibi şartlar vardır. Bunlardan biri veri yapısındaki aşırı değerlere karşı iyi sonuçlar vermemesidir (Çamurlu, 2018). En küçük kareler yönteminde bağımlı değişkenin koşullu ortalaması tek bir regresyon doğrusu ile modellenmekteyken, kantil regresyonda ise çeşitli kantiller için regresyon doğruları hesaplanabilmektedir. Böylece koşullu kantilleri tahminleyen birden fazla regresyon doğrusu sayesinde bağımlı değişkenin dağılımının tamamını inceleme ve yorumlama imkânı vermektedir (Uyar, Kangallı Uyar ve Gökçe, 2016).

Kantil regresyon modeli eşitlik (1.3)'teki gibi ifade edilir:

$$Y_i = \beta_0^{(p)} + \beta_1^{(p)} X_i + \varepsilon_i^{(p)} \quad 0 < p < 1 \quad (1.3)$$

p değeri kantil değerini ifade etmektedir ve p . kantilin altında kalan gözlem sayısının toplam anakütle hacmine oranını verir. Doğrusal regresyon analizinde verilen bir X_i değeri için Y_i 'nin koşullu ortalaması,

$$E(Y_i|X_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i \quad (1.4)$$

formülü ile hesaplanır ve hata terimi ε_i 'nin beklenen değeri sıfıra eşittir. Buna karşın kantil regresyon modelinde verilen bir X_i değeri için p . koşullu kantilin beklenen değeri,

$$Q^{(p)}(Y_i|X_i) = \beta_0^{(p)} + \beta_1^{(p)}X_i \quad (1.5)$$

eşitliği ile elde edilir. Böylece p . koşullu kantil değeri, kantil parametreleri $\beta_0^{(p)}$, $\beta_1^{(p)}$ ile X_i değerine bağlı olarak değişir. Doğrusal regresyon modelinde olduğu gibi hata terimlerinin beklenen değerinin sıfıra eşit olduğu kabul edilmektedir.

i . gözlem değeri için hata terimi $\varepsilon_i^{(p)}$ kantiller arasında farklı değerlere sahip olur. Örneğin belirli bir i . gözlem için p ve q koşullu kantil regresyon doğruları hesaplandığında p . kantil için (1.5) modeli elde edilirken, q . kantil için (1.6) elde edilir.

$$Q^{(q)}(Y_i|X_i) = \beta_0^{(q)} + \beta_1^{(q)}X_i \quad (1.6)$$

İki eşitliğe ait hata terimleri birbirinden çıkartıldığında;

$$\varepsilon_i^{(p)} - \varepsilon_i^{(q)} = \beta_0^{(p)} - \beta_0^{(q)} + (\beta_1^{(p)} - \beta_1^{(q)})X_i \quad (1.7)$$

elde edilir. Görüldüğü üzere belirli bir i . gözlemin p ve q gibi iki farklı koşullu kantil regresyon denklemlerine ait hata terimleri arasındaki fark sıfıra eşit değildir. Buradan hata terimlerinin i . gözlem için farklı kantillerde farklı değerlere sahip olacağı sonucu çıkartılabilir. Diğer bir ifadeyle hata terimleri gözlem değerlerine değil, kantillere bağlıdır. Ancak kantil regresyon yönteminde $\varepsilon_i^{(p)}$ hata teriminin aynı ve bağımsız olarak dağıldığı ve hata teriminin beklenen değerinin sıfır olduğu varsayılır. Hao ve Naiman'ın (2007) çalışmasında en küçük mutlak sapmalar (medyan regresyon) yönteminde olduğu gibi kantil regresyonda da hata terimleri gözlem değerlerini $Q^{(p)}$ kantil doğrusuna dikey uzaklıkları olarak tanımlanmaktadır (akt., Dorak, 2017).

2.2. Kantil Regresyon Analizinin Özellikleri

Kantil regresyon analizinin en önemli özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

1. Kantil regresyon, verilen bağımsız değişkenler aracılığıyla ve p . kantil değeri ile oynayarak, bağımlı değişkenin koşullu dağılımının tümünün modellenmesini

sağlamaktadır (Shulze, 2004).

2. Çoklu Doğrusal Regresyon yöntemi Y 'nin koşullu dağılımının ortalaması hakkında bilgi vermekte, kantil regresyon ise farklı kantil değerleri için Y 'nin X 'e göre koşullu dağılımının tümü hakkında bilgi vermektedir.
3. Kantiller bağımlı değişkendeki aşırı değerlere karşı kararlıdır (robust).
4. Hata terimi normal dağılmadığında, kantil regresyon tahmin edicileri çoklu doğrusal regresyon tahmin edicilerinden çok daha etkin olabilmektedir.
5. Kantil regresyon değişen varyansın belirlenmesine olanak vermektedir.
6. Farklı kantillerde farklı sonuçlar çıkması, bağımlı değişkenin koşullu dağılımının farklı noktalarındaki bağımsız değişkenlerdeki değişikliklere farklı tepki vermesi olarak yorumlanabilir (Leping, 2005).

3. BULGULAR

Ankara'daki farklı istasyonlar için günlük 6'şar saatlik aralıklarla yapılan ölçümler sonucunda iklim elemanları ve hava kirliliği parametreleri ölçümlerine ait en yüksek PM10 medyan değeri $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Sıhhiye istasyonuna, en yüksek SO2 medyan değeri $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Sıhhiye ve Cebeci istasyonlarına, en yüksek NO2 medyan değeri $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Dikmen ve Sıhhiye istasyonlarına ait oldukları bulunmuştur. O3'e ilişkin medyan değerinin Keçiören ve Cebeci istasyonlarında $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en yüksek CO medyan değerinin ise Sıhhiye istasyonunda $902 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklığa ilişkin en yüksek medyan değerinin 18 (°C) ile Cebeci istasyonuna, rüzgâr yönüne göre en yüksek medyan değerinin 198 derece ile Sıhhiye istasyonuna ait olduğu tespit edilmiştir. Rüzgâr hızı ölçümü yapan Dikmen ve Keçiören istasyonlarından en yüksek medyan değerine sahip rüzgâr hızı 2 (m/s) ile Keçiören istasyonuna ait olduğu tespit edilmiştir. Tüm istasyonlar arasında en yüksek bağıl nem medyan değerine sahip olan istasyonun %58 ile Dikmen istasyonu olduğu, en yüksek basınç medyan değerinin ise 1017 (mbar) ile Sıhhiye ve Sincan istasyonları oldukları tespit edilmiştir.

Tablo 1. Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarında Ölçülen İklim Elemanları ve Hava Kirliliği Parametrelerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

İstasyonlar	Değişkenler	Minimum	1.Kartil	Medyan	Ortalama	3.Kartil	Maksimum	
Dikmen İstasyonu	PM10	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	34	52	61.35	77	303
	SO2	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	4	5	5.49	7	43
	NO2	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9	39	58	65.12	86	247
	Sıcaklık	(°C)	-9	6	13	13.08	20	37

	Rüzgâr Yönü	(Derece)	68	165	205	200.5	236	313
	Rüzgâr Hızı	(m/s)	-2	-1	0	-0.27	0	6
	Bağıl Nem	(%)	10	40	58	56.7	72	101
	Basınç	(mbar)	996	1009	1012	1012	1015	1027
Keçiören İstasyonu	PM10	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10	38	56	68.17	89	357
	SO2	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	4	5	5.57	6	34
	NO2	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7	29	42	44.85	56	119
	O3	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	14	34	40.2	58	186
	Sıcaklık	($^{\circ}\text{C}$)	-13	4	12	12.28	21	39
	Rüzgâr Yönü	(Derece)	30	66	115	132.1	202	281
	Rüzgâr Hızı	(m/s)	0	2	2	2.22	3	8
	Bağıl Nem	(%)	10	39	56	56.49	74	104
	Basınç	(mbar)	993	1008	1012	1013	1017	1035
Sıhhiye İstasyonu	PM10	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11	52	72	84.8	104	356
	SO2	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	5	7	7.94	10	40
	NO2	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9	43	58	65.87	84	218
	CO	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	96	612	902	1042	1288	4638
	Sıcaklık	($^{\circ}\text{C}$)	-2	11	16	16.99	24	38
	Rüzgâr Yönü	(Derece)	166	188	198	207.6	221	286
	Bağıl Nem	(%)	20	35	44	43.55	52	65
	Basınç	(mbar)	1010	1016	1017	1017	1019	1025
	Sincan İstasyonu	PM10	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	31.5	48	59.25	78
SO2		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	4	6	7.33	10	52
NO2		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	27	42	50.34	68	175
Sıcaklık		($^{\circ}\text{C}$)	15	16	17.5	19.26	22	38
Rüzgâr Yönü		(Derece)	-81	-45	-29	-23.72	-5	67
Bağıl Nem		(%)	25	29	38	42.32	55	81
Basınç		(mbar)	1017	1017	1017	1018	1018	1026
Cebeci İstasyonu	PM10	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	31	47	60.59	79	361
	SO2	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	5	7	7.72	10	36
	NO2	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	5	30	47.5	55.53	71	314
	O3	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0	22	34	38.41	52	242
	CO	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24	530	833	1008	1250	5686
	Sıcaklık	($^{\circ}\text{C}$)	5	14	18	18.61	23	33
	Rüzgâr Yönü	(Derece)	106	135	170	181.9	230	278
	Bağıl Nem	(%)	21	37	46	46.33	56	69
	Basınç	(mbar)	999	1008	1010	1011	1013	1021

PM10: Partikül madde 10, SO2: Kükürt dioksit, NO2: Azot dioksit, O3: Ozon, CO: Karbon monoksit

Ulusal hava kalitesi indeksi kırılma noktalarına göre değerlendirildiğinde (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018); tüm hava kalitesi izleme istasyonlarında ölçülen PM10 ve SO2 değerlerinin sırasıyla orta ve iyi düzeyde oldukları ayrıca Keçiören, Sincan ve Cebeci istasyonlarında ölçülen NO2 değerlerinin, Sıhhiye ve Cebeci'de ölçülen CO değerlerinin, Keçiören ve Cebeci istasyonlarında ölçülen O3 değerlerinin ise iyi düzeyde oldukları söylenebilir. Hava kirliliği parametreleri üst kantil değerleri açısından incelendiğinde ise sadece

Sıhhiye istasyonunda ölçülen PM10 değerinin hassas düzeye (yani hassas gruplar için sağlık etkilerinin oluşabileceği ve genel olarak kamunun etkilenmesinin olası olmadığı seviye) ulaştığı gözlenmiştir. İstasyonların hava kirliliği parametrelerine ve iklim elemanlarına ilişkin minimum, maksimum, ortalama, medyan ve 1. ve 3. kantil değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

3.1. Dikmen İstasyonu

Dikmen istasyonuna ait kantil regresyon eşitlikleri Tablo 2’de verilmiştir. Dikmen istasyonunda hava kirliliği parametrelerinden PM10, SO₂, NO₂ bağımlı değişkenlerinin AIC ve SBIC’e göre QR.25 modelleri uygun bulunmuştur. PM10 için oluşturulan yirmi beşinci Kantil regresyon modeline göre sıcaklık ve basıncın PM10 bağımlı değişken üzerinde pozitif yönde bir etkisi olduğu ancak rüzgâr hızı, bağıl nem ve rüzgâr yönünün negatif yönde etkileri olduğu saptanmıştır. Bu modelde diğer bağımsız değişkenler sabit iken rüzgâr hızı bir birim arttığında PM10’un yirmi beşinci kantil değerinin yaklaşık 4.76 birim azaldığı gözlenmiştir. PM10 için oluşturulan yetmiş beşinci Kantil regresyon modeline göre basıncın PM10 bağımlı değişken üzerinde pozitif yönde bir etkisi olduğu ancak rüzgâr hızı ve rüzgâr yönünün negatif yönde etkileri olduğu saptanmıştır. Bu modelde diğer bağımsız değişkenler sabit iken rüzgâr hızı bir birim arttığında PM10’un yetmiş beşinci kantil değerinin yaklaşık 5.90 birim azaldığı görülmüştür. SO₂ için oluşturulan yirmi beşinci Kantil regresyon modeline göre basınç dışında tüm değişkenlerin etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir. Modeldeki diğer bağımsız değişkenler sabit iken basınç bir birim arttığında, SO₂’nin yirmi beşinci kantil miktarı 0.084 birim artmaktadır. SO₂ için oluşturulan yetmiş beşinci Kantil regresyon modeline göre rüzgar yönü ve rüzgar hızı dışında tüm değişkenlerin etkilerinin anlamlı olduğu saptanmıştır. Modeldeki diğer bağımsız değişkenler sabit iken sıcaklık bir birim arttığında, SO₂’nin yetmiş beşinci kantil miktarı 0.114 birim azalmaktadır. NO₂ bağımlı değişkeni için oluşturulan hem yirmi beşinci hem de yetmiş beşinci Kantil regresyon modellerine göre basınç dışında sıcaklık, rüzgâr yönü ve rüzgâr hızının negatif yönde etkilerinin olduğu ve bağıl nem miktarının ise her iki modele de anlamlı bir katkı sağlamadığı saptanmıştır. Modeldeki bağımsız değişkenler sabit iken rüzgâr hızı bir birim arttığında NO₂’nin yirmi beşinci ve yetmiş beşinci kantil değerlerinin sırasıyla yaklaşık 7.63 ve 9.51 birim azaldıkları gözlenmiştir.

Tablo 2. Dikmen İstasyonuna ait Kantil Regresyon Eşitlikleri

Dikmen istasyonu			AIC	SBIC
	QR.i	Kantil Regresyon Eşitlikleri		
PM10	QR.25	$PM10 = -689.800 + 0.425x_1 - 0.064x_2 - 4.756x_3 - 0.192x_4 + 0.734x_5$	14100.62	14132.34
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.50	$PM10 = -1132.459 + 0.487x_1 - 0.075x_2 - 6.486x_3 - 0.169x_4 + 1.186x_5$	14450.27	14481.99
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.003) (0.001)		
	QR.75	$PM10 = -2198.941 - 0.178x_2 - 5.896x_3 + 2.287x_5$	15234.46	15266.19
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		
SO2	QR.25	$SO2 = -80.530 + 0.084x_5$	7082.143	7113.864
		<i>p</i> -değeri (0.001)		
	QR.50	$SO2 = -40.100 - 0.051x_1 - 0.004x_2 - 0.025x_4 + 0.048x_5$	7031.217	7062.938
		<i>p</i> -değeri (0.022) (0.001) (0.006) (0.005)		
	QR.75	$SO2 = -53.080 - 0.114x_1 - 0.047x_4 + 0.064x_5$	7519.859	7551.581
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		
NO2	QR.25	$NO2 = -1512.030 - 0.228x_1 - 0.119x_2 - 7.626x_3 + 1.563x_5$	13801.39	13833.11
		<i>p</i> -değeri (0.014) (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.50	$NO2 = -1585.396 - 0.539x_1 - 0.113x_2 - 9.003x_3 + 1.656x_5$	13960.40	13992.12
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.75	$NO2 = -2157.929 - 0.568x_1 - 0.158x_2 - 9.514x_3 + 2.249x_5$	14452.67	14484.39
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		

x_1 : sıcaklık, x_2 : rüzgâr yönü, x_3 : rüzgâr hızı, x_4 : bağıl nem, x_5 : basınç, PM10: Partikül madde 10, SO2: Kükürt dioksit, NO2: Azot dioksit, AIC: Akaike Bilgi Kriteri, SCBI: Schwartz Bilgi Kriteri

3.2. Keçiören İstasyonu

Keçiören istasyonuna ait kantil regresyon eşitlikleri Tablo 3'te verilmiştir. Keçiören istasyonunda hava kirliliği parametrelerinden PM10, SO2, NO2 ve O3 bağımlı değişkenlerinin AIC ve SBIC'e göre QR.25 modelleri uygun bulunmuştur. PM10 için oluşturulan yirmi beşinci Kantil regresyon modeline göre rüzgâr hızı ve rüzgâr yönünün PM10 değeri üzerinde negatif yönde etkileri varken basıncın pozitif yönde bir etkisi bulunmuştur. Kantil regresyon modelindeki diğer bağımsız değişkenler sabit iken rüzgâr hızı bir birim arttığında, PM10'un yirmi beşinci kantil değeri yaklaşık 2.58 birim azalmaktadır. PM10 için oluşturulan yetmiş beşinci Kantil regresyon modeline göre sıcaklık, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü ve bağıl nemin PM10 bağımlı değişken üzerinde negatif yönde etkileri olduğu saptanmıştır. Bu modelde diğer bağımsız değişkenler sabit iken rüzgâr hızı bir birim arttığında PM10'un yetmiş beşinci kantil değerinin yaklaşık 7.52 birim azaldığı görülmüştür.

SO2 için oluşturulan 25. kantil modelinde sıcaklık ve bağıl nemin SO2 üzerinde negatif etkiye sahip oldukları sadece basıncın SO2 üzerinde pozitif bir etkisi olduğu ancak rüzgâr hızı ve rüzgâr yönünün bu modelde anlamlı değişkenler olmadıkları saptanmıştır. Kantil regresyon modelindeki diğer bağımsız değişkenler sabit iken basınç bir birim arttığında, SO2'nin yirmi

beşinci kantil değeri yaklaşık 0.03 birim artmaktadır. SO₂ için oluşturulan 75. kantil modelinde ise sıcaklık, rüzgâr yönü ve bağıl nemin SO₂ üzerinde negatif etkiye sahip oldukları sadece basıncın SO₂ üzerinde pozitif bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Kantil regresyon modelindeki diğer bağımsız değişkenler sabit iken sıcaklık bir birim arttığında, SO₂'nin yetmiş beşinci kantil değeri yaklaşık 0.17 birim azalmaktadır.

Tablo 3. Keçiören istasyonuna ait kantil regresyon eşitlikleri

Keçiören İstasyonu		AIC	SBIC	
PM10	QR.25	PM10=-302.585-0.052x ₂ -2.575x ₃ +0.353x ₅	14474.99	14506.71
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.002)		
	QR.50	PM10=-0.542x ₁ -0.087x ₂ -6.081x ₃ -0.263x ₄ +0.397x ₅	14803.58	14835.31
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001) (0.040)		
	QR.75	PM10=-1.199x ₁ -0.167x ₂ -7.519x ₃ -0.407x ₄	15422.50	15454.22
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		
SO ₂	QR.25	SO ₂ =-28.600-0.015x ₁ -0.017x ₄ +0.033x ₅	6549.363	6581.084
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.50	SO ₂ =-0.084x ₁ +0.003x ₂ -0.039x ₄ +0.026x ₅	6820.144	6851.865
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.005) (0.001)		
	QR.75	SO ₂ =-49.951-0.166x ₁ +0.011x ₂ -0.067x ₄ +0.060x ₅	7495.178	7526.899
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		
NO ₂	QR.25	NO ₂ =-0.717x ₁ -4.432x ₃	12549.87	12581.59
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001)		
	QR.50	NO ₂ =409.779-0.971x ₁ -6.000x ₃ -0.150x ₄ -0.326x ₅	12641.47	12673.19
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.75	NO ₂ =435.417-1.021x ₁ -0.028x ₂ -7.753x ₃ -0.223x ₄ -0.330x ₅	13038.39	13070.11
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.003) (0.001) (0.001) (0.012)		
O ₃	QR.25	O ₃ =1.259x ₁ +0.036x ₂ +7.556x ₃ -0.068x ₄	12993.23	13024.95
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.014)		
	QR.50	O ₃ =1.382x ₁ +0.069x ₂ +8.452x ₃ -0.254x ₄	13032.83	13064.56
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.75	O ₃ =1.390x ₁ +0.072x ₂ +9.850x ₃ -0.350x ₄	13300.75	13332.48
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		

x₁: sıcaklık, x₂: rüzgâr yönü, x₃: rüzgâr hızı, x₄: nem, x₅: basınç, PM10: Partikül madde 10, SO₂: Kükürt dioksit, NO₂: Azot dioksit, O₃: Ozon, AIC: Akaike Bilgi Kriteri, SCBI: Schwartz Bilgi Kriteri

NO₂ için oluşturulan yirmi beşinci Kantil regresyon modelinde ise rüzgâr hızı ve sıcaklığın NO₂ üzerinde negatif yönde etkiye sahip oldukları ve diğer bağımsız değişkenler sabit iken rüzgâr hızı bir birim arttığında, NO₂'nin yirmi beşinci kantil değerinin yaklaşık 4.43 birim azaldığı görülmektedir. NO₂ için oluşturulan yetmiş beşinci Kantil regresyon modelinde ise tüm bağımsız değişkenlerin NO₂ üzerinde negatif yönde etkiye sahip oldukları ve diğer bağımsız değişkenler sabit iken rüzgâr hızı bir birim arttığında, NO₂'nin yetmiş beşinci kantil

değerinin yaklaşık 7.75 birim azaldığı belirlenmiştir. O3 için oluşturulan yirmi beşinci ve yetmiş beşinci Kantil regresyon modellerinde; rüzgâr hızı, sıcaklık ve rüzgâr yönünün her biri O3 değeri üzerinde pozitif etkiye sahip iken bağıl nem negatif bir etkiye sahiptir. Ayrıca diğer bağımsız değişkenler sabit iken rüzgâr hızı bir birim arttığında, O3'ün yirmi beşinci ve yetmiş beşinci kantil değerleri sırasıyla yaklaşık 7.56 ve 9.85 birim artmaktadır.

3.3. Sıhhiye İstasyonu

Sıhhiye istasyonuna ait kantil regresyon eşitlikleri Tablo 4'te verilmiştir. Sıhhiye istasyonunda hava kirliliği parametrelerinden PM10, SO2, NO2 ve CO'nun AIC ve SBIC'e göre QR.25 modelleri uygun bulunmuştur. PM10 için oluşturulan yirmi beşinci ve yetmiş beşinci kantil regresyon modellerinde bağıl nem dışında diğer değişkenlerin anlamlı birer etkileri oldukları saptanmıştır. Rüzgâr yönünün PM10 değeri üzerinde negatif yönde etkisi varken sıcaklık ve basıncın pozitif yönde etkileri bulunmuştur. Bu modellerde diğer bağımsız değişkenler sabit tutulduğunda basınç bir birim artırıldığında PM10'un yirmi beşinci ve yetmiş beşinci kantil değerlerinin sırasıyla yaklaşık 2.40 ve 3.76 birim arttığı saptanmıştır. SO2 için oluşturulan yirmi beşinci Kantil regresyon modelinde rüzgâr yönünün SO2 üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı, bağıl nem, basınç ve sıcaklığın ise SO2 üzerinde negatif etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Diğer bağımsız değişkenler sabit iken basınç bir birim arttığında SO2'nin yirmi beşinci kantil değerinde 0.20 birimlik bir azalma gözlenmiştir. SO2 için oluşturulan yetmiş beşinci Kantil regresyon modelinde sadece bağıl nem ve sıcaklığın SO2 üzerinde anlamlı ve negatif yönde etkileri oldukları belirlenmiştir. Diğer bağımsız değişkenler sabit iken sıcaklık bir birim arttığında SO2'nin yetmiş beşinci kantil değerinde yaklaşık 0.24 birimlik bir azalma gözlenmiştir. NO2 için oluşturulan yirmi beşinci Kantil regresyon modelinde ise rüzgâr yönünün NO2 üzerinde önemli bir etken olmadığı; sıcaklık ve bağıl nemin NO2 değeri üzerinde negatif, basıncın ise pozitif yönde etkileri bulunmuştur. NO2 için oluşturulan yetmiş beşinci Kantil regresyon modelinde ise rüzgâr yönünün NO2 üzerinde önemli bir etken olmadığı; sıcaklık, bağıl nem ve basıncın ise NO2 değeri üzerinde anlamlı negatif etkilere sahip oldukları belirlenmiştir. Bu modellerde bağımsız değişkenler sabit iken sıcaklık bir birim arttığında, NO2'nin yirmi beşinci ve yetmiş beşinci kantil değerlerinde sırasıyla yaklaşık 1.77 ve 3.14 birimlik azalış gözlenmiştir. CO için oluşturulan yirmi beşinci Kantil regresyon modelinde ise tüm bağımsız değişkenlerin modele anlamlı bir katkı sağladığı ayrıca CO'nun yirmi beşinci kantil değerinde diğer tüm bağımsız değişkenler sabit iken sıcaklık bir birim arttığında CO kantil miktarında yaklaşık 20.05 birimlik bir azalma

görülmüştür. CO için oluşturulan yetmiş beşinci Kantil regresyon modelinde ise bağıl nem dışında diğer tüm bağımsız değişkenlerin modele anlamlı bir katkı sağladığı ve CO'nun yetmiş beşinci kantil değerinde diğer tüm bağımsız değişkenler sabit iken basınç bir birim arttığında CO kantil miktarında yaklaşık 33.5 birimlik bir artış gözlenmiştir.

Tablo 4. Sıhhiye istasyonuna ait kantil regresyon eşitlikleri

Sıhhiye İstasyonu			AIC	SBIC
PM10	QR.25	PM10=-2386.170+1.000x ₁ -0.124x ₂ +2.404x ₄	14817.27	14843.7
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.50	PM10=-3255.530+1.125x ₁ -0.248x ₂ +3.294x ₄	15166.07	15192.5
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.75	PM10=-3632.721+1.157x ₁ -0.539x ₂ +3.763x ₄	15920.99	15947.42
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		
SO2	QR.25	SO2=220.247-0.180x ₁ -0.127x ₃ -0.203x ₄	7859.15	7885.585
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.50	SO2=79.019-0.195x ₁ -0.134x ₃	7984.295	8010.729
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001)		
	QR.75	SO2=-0.238x ₁ -0.174x ₃	8588.01	8614.447
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001)		
NO2	QR.25	NO2=-1.771x ₁ -1.084x ₃ +0.625x ₄	13598.80	13625.24
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.046)		
	QR.50	NO2=-2.696x ₁ -1.403x ₃	13820.66	13847.1
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001)		
	QR.75	NO2=1830.143-3.142x ₁ -1.241x ₃ -1.605x ₄	14374.44	14400.88
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.012)		
CO	QR.25	CO=-14387.638-20.046x ₁ -2.101x ₂ -5.039x ₃ +15.791x ₄	22014.91	22041.34
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.50	CO=-1881.073-22.913x ₁ -2.668x ₂ +20.500x ₄	22274.78	22301.21
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.002)		
	QR.75	CO=-31472.727-26.911x ₁ -4.224x ₂ +33.484x ₄	22940.08	22966.51
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		

x₁: sıcaklık, x₂: rüzgâr yönü, x₃: bağıl nem, x₄: basınç, PM10: Partikül madde 10, SO2: Kükürt dioksit, NO2: Azot dioksit, CO: Karbon monoksit, AIC: Akaike Bilgi Kriteri, SCBI: Schwartz Bilgi Kriteri

2.4. Sincan İstasyonu

Sincan istasyonuna ait kantil regresyon eşitlikleri Tablo 5'te verilmiştir. Sincan istasyonunda hava kirliliği parametrelerinden PM10, SO2 ve NO2'in AIC ve SBIC'e göre QR.25 modelleri uygun bulunmuştur. PM10 için oluşturulan kantil regresyon modelinde QR.75 modeli hariç diğer modellerde bağıl nem dışındaki bağımsız değişkenlerin anlamlı birer etkileri oldukları saptanmıştır. Ayrıca rüzgâr yönü dışında diğerlerinin PM10 üzerinde pozitif bir etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. PM10'un yirmi beşinci ve yetmiş beşinci kantil modellerinde diğer bağımsız değişkenler sabit tutulduğunda basınç bir birim arttığında PM10'un yirmi

beşinci ve yetmiş beşinci kantil değerlerinin sırasıyla yaklaşık 2.82 ve 7.50 birim arttıkları saptanmıştır. SO₂ için oluşturulan yirmi beşinci kantil modelinde SO₂ üzerinde sıcaklık ve basıncın pozitif, rüzgâr yönünün ise negatif etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. SO₂ için oluşturulan yetmiş beşinci kantil modelinde ise SO₂ üzerinde sıcaklık, rüzgâr yönü ve bağıl nemin negatif, basıncın ise negatif etkiye sahip oldukları saptanmıştır. SO₂'nin yirmi beşinci ve yetmiş beşinci kantil modellerinde diğer bağımsız değişkenler sabit tutulduğunda basınç bir birim arttığında, SO₂'nin yirmi beşinci ve yetmiş beşinci kantil değerlerinin yaklaşık 0.49 ve 0.47 birim arttıkları belirlenmiştir.

Tablo 5. Sincan istasyonuna ait kantil regresyon eşitlikleri

Sincan İstasyonu			AIC	SBIC
PM10	QR.25	PM10=-2847.995+0.597x ₁ -0.070x ₂ +2.823x ₄	14223.05	14249.49
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.002) (0.020)		
	QR.50	PM10=-7416.447+1.247x ₁ -0.234x ₂ +7.304x ₄	14596.82	14623.26
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.75	PM10=-7606.375+1.058x ₁ -0.407x ₂ +0.447x ₃ +7.501x ₄	15374.28	15400.72
		<i>p</i> -değeri (0.002) (0.001) (0.001) (0.001)		
SO ₂	QR.25	SO ₂ =-500.464+0.110x ₁ -0.028x ₂ +0.493x ₄	8190.924	8217.359
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.50	SO ₂ =-582.053+0.046x ₁ -0.037x ₂ +0.577x ₄	8512.739	8539.174
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.005) (0.001)		
	QR.75	SO ₂ =-471.211-0.089x ₁ -0.054x ₂ -0.032x ₃ +0.474x ₄	9174.785	9201.219
		<i>p</i> -değeri (0.002) (0.001) (0.001) (0.001)		
NO ₂	QR.25	NO ₂ =-2680.527-1.278x ₁ +2.687x ₄	13566.18	13592.61
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001)		
	QR.50	NO ₂ =-3480.153-1.773x ₁ -0.093x ₂ +3.497x ₄	13780.70	13807.13
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.75	NO ₂ =-1950.039-2.198x ₁ -0.164x ₂ +2.019x ₄	14405.86	14432.3
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001)		

x₁: sıcaklık, x₂: rüzgâr yönü, x₃: bağıl nem, x₄: basınç, PM10: Partikül madde 10, SO₂: Kükürt dioksit, NO₂: Azot dioksit, AIC: Akaike Bilgi Kriteri, SCBI: Schwartz Bilgi Kriteri

NO₂ için oluşturulan yirmi beşinci kantil modelinde rüzgâr yönü ve bağıl nemin NO₂ üzerinde önemli bir etken olmadıkları, sıcaklığın NO₂ üzerinde negatif ve basıncın pozitif bir etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Bu modelde diğer bağımsız değişkenler sabit tutulduğunda basınç bir birim arttığında NO₂'nin yirmi beşinci kantil değerinin yaklaşık 2.69 birim arttığı saptanmıştır. NO₂ için oluşturulan yetmiş beşinci kantil modelinde ise sıcaklık ve rüzgâr yönünün NO₂ üzerinde negatif ve basıncın pozitif bir etkiye sahip oldukları gözlenmiştir. Bu modelde diğer bağımsız değişkenler sabit tutulduğunda basınç bir birim arttığında NO₂'nin yetmiş beşinci kantil değerinin yaklaşık 2 birim arttığı saptanmıştır.

3.5. Cebeci İstasyonu

Cebeci istasyonuna ait kantil regresyon eşitlikleri Tablo 6’da verilmiştir. Cebeci istasyonunda hava kirliliği parametrelerinden PM10, SO2, NO2, O3 ve CO’nun AIC ve SBIC’e göre QR.25 modelleri uygun bulunmuştur. PM10’un yirmi beşinci kantil modelinde rüzgâr yönünün PM10 üzerinde negatif, basıncın pozitif etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Bu modelde diğer bağımsız değişkenler sabit iken basınç bir birim arttığında PM10’un yirmi beşinci kantil değerinin yaklaşık 0.81 birim arttığı saptanmıştır. PM10’un yetmiş beşinci kantil modelinde ise sıcaklık ve rüzgâr yönünün PM10 üzerinde negatif, bağıl nem ve basıncın pozitif etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Bu modelde diğer bağımsız değişkenler sabit iken basınç bir birim arttığında PM10’un yetmiş beşinci kantil değerinin yaklaşık 1.24 birim arttığı saptanmıştır. SO2’nin yirmi beşinci kantil modelinde sıcaklık ve basıncın SO2 üzerinde pozitif etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Bu modelde diğer bağımsız değişkenler sabit iken sıcaklık bir birim arttığında SO2’nin yirmi beşinci kantil değerinin yaklaşık 0.17 birim arttığı saptanmıştır. SO2’nin yetmiş beşinci kantil modelinde ise sıcaklık ve bağıl nemin SO2 üzerinde negatif, rüzgâr yönü ve basıncın pozitif etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Bu modelde diğer bağımsız değişkenler sabit iken sıcaklık bir birim arttığında SO2’nin yetmiş beşinci kantil değerinin yaklaşık 0.11 birim azalacağı saptanmıştır. NO2 için oluşturulan yirmi beşinci kantil modelinde tüm bağımsız değişkenlerin anlamlı bir etkiye oldukları; yetmiş beşinci kantil modelinde ise rüzgar yönü dışında diğer tüm bağımsız değişkenlerin anlamlı bir etkiye oldukları saptanmıştır. NO2’nin yirmi beşinci ve yetmiş beşinci kantil modellerinde diğer bağımsız değişkenler sabit iken sıcaklık bir birim arttığında, NO2’nin yirmi beşinci ve yetmiş beşinci kantil değerlerinde sırasıyla yaklaşık 1.32 ve 2.62 birim azalma görülmüştür.

Tablo 6. Cebeci istasyonuna ait kantil regresyon eşitlikleri

Cebeci İstasyonu		AIC	SBIC	
PM10	QR.25	PM10=-773.956-0.063x ₂ +0.806x ₄	14359.10	14385.53
		<i>p-değeri</i> (0.001) (0.001)		
	QR.50	PM10=-1348.917-0.172x ₂ +1.428x ₄	14744.63	14771.06
		<i>p-değeri</i> (0.001) (0.001)		
	QR.75	PM10=-1072.876-0.760x ₁ -0.349x ₂ +0.431x ₃ +1.237x ₄	15400.17	15426.61
		<i>p-değeri</i> (0.006) (0.001) (0.001) (0.001)		
SO2	QR.25	SO2=-164.348+0.167x ₁ +0.165x ₄	7795.082	7821.516
		<i>p-değeri</i> (0.001) (0.001)		
	QR.50	SO2=-49.000-0.056x ₃	7861.381	7887.815
		<i>p-değeri</i> (0.001)		
	QR.75	SO2=-75.264-0.114x ₁ +0.010x ₂ -0.086x ₃ +0.089x ₄	8334.127	8360.561

		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		
NO2	QR.25	NO2=-851.460-1.323x ₁ +0.082x ₂ +0.370x ₃ +0.869x ₄	13755.74	13782.18
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.50	NO2=-1116.451-1.895x ₁ +0.060x ₂ +0.423x ₃ +1.157x ₄	14040.18	14066.61
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		
QR.75		NO2=-1518.798-2.622x ₁ +0.293x ₃ +1.608x ₄	14741.07	14767.5
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.021) (0.001)		
O3	QR.25	O3=-848.240+0.709x ₁ +0.084x ₂ -0.329x ₃ +0.850x ₄	13020.28	13046.71
		<i>p</i> -değeri (0.001) (0.001) (0.001) (0.001)		
	QR.50	O3=0.388x ₁ +0.077x ₂ -0.659x ₃	13078.28	13104.72
		<i>p</i> -değeri (0.010) (0.001) (0.001)		
QR.75		O3 = 0.037x ₂ -1.135x ₃	13503.77	13530.2
		<i>p</i> -değeri (0.004) (0.001)		
CO	QR.25	CO=-5930.534+8.651x ₁ -1.459x ₂ +13.410x ₃	22534.49	22560.92
		<i>p</i> -değeri (0.007) (0.001) (0.001)		
	QR.50	CO=-12966.000-2.527x ₂ +11.689x ₃ +13.498x ₄	22839.23	22865.66
		<i>p</i> -değeri (0.010) (0.001) (0.007)		
QR.75		CO=-12745.962+11.875x ₁ - 3.611x ₂ +14.544x ₃ +13.610x ₄	23598.56	23625.00
		<i>p</i> -değeri (0.014) (0.001) (0.001) (0.002)		

x₁: sıcaklık, x₂: rüzgâr yönü, x₃: bağıl nem, x₄: basınç, PM10: Partikül madde 10, SO₂: Kükürt dioksit, NO₂: Azot dioksit, O₃: Ozon, CO: Karbon monoksit, AIC: Akaike Bilgi Kriteri, SCBI: Schwartz Bilgi Kriteri

O₃ için oluşturulan modeller incelendiğinde yirmi beşinci kantil modelinde O₃ üzerinde sıcaklık, rüzgâr yönü ve basıncın anlamlı pozitif etkilere, bağıl nemin ise negatif anlamlı etkiye sahip oldukları ayrıca QR.75 modelinde de rüzgâr yönünün pozitif, bağıl nemin ise negatif anlamlı bir etkiye sahip oldukları saptanmıştır. O₃'ün yirmi beşinci kantil modelinde diğer bağımsız değişkenler sabit iken basınç bir birim arttığında O₃'ün yirmi beşinci kantil değerinin 0.85 birim arttığı saptanmıştır. O₃'ün yetmiş beşinci kantil modelinde ise diğer bağımsız değişkenler sabit iken bağıl nem bir birim arttığında O₃'ün yetmiş beşinci kantil değerinin 1.14 birim azaldığı saptanmıştır. CO için oluşturulan yirmi beşinci kantil modelinde ise basınç dışında diğer tüm değişkenlerin anlamlı birer etkiye sahip oldukları saptanmıştır. Rüzgâr yönünün CO üzerinde negatif, sıcaklık ve bağıl nemin pozitif etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Bu modelde bağımsız değişkenler sabit iken bağıl nem bir birim arttığında, CO'nun yirmi beşinci kantil değerinin 13.41 birim arttığı saptanmıştır. CO için oluşturulan yetmiş beşinci kantil modelinde ise tüm bağımsız değişkenlerin anlamlı etkilere sahip oldukları bulunmuştur. Bu modelde bağımsız değişkenler sabit iken bağıl nem bir birim arttığında, CO'nun yetmiş beşinci kantil değerinin yaklaşık 14.54 birim arttığı saptanmıştır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Hava kirliliğinin önlenmesi konusunda yapılacak çalışmalar içerisinde en önemli adımlardan biri kirlenme olayının bir model yardımıyla incelenebilmesidir. Model, bölgesel coğrafik ve meteorolojik veriler, emisyon kaynaklarının envanterleri kullanarak gözlenen konsantrasyonların ve konsantrasyon alanlarının simülasyonunu, konsantrasyonların zamana göre tahminini elde etmeyi sağlamaktadır. Gözlenen ve tahmin edilen konsantrasyonların istatistiği ve modelin geçerliği sağlandıktan sonra emisyon kaynaklarının planlanması yapılabilir ve emisyon kaynaklarına müdahale şekli ortaya çıkarılabilir. Böylece model tahminlerine dayanan değişik tipteki hava kirleticilerin davranışlarının kontrolü ve hava kirliliğinin önlenmesi konusunda uygun kararların alınabilmesi mümkün hale gelebilecektir (Kunt, 2014). Hava kirliliğine ilişkin modellerin tahmin performanslarının karşılaştırılmasına yönelik literatürde çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak hava kirliliği tahmininde kantil regresyon yönteminin kullanıldığı çalışma sayısı oldukça azdır (örneğin; Liang, vd., 2019; Munir, vd., 2011; Norooziyan, vd., 2019; Porter, vd., 2015; Xu ve Lin, 2018; Xu, vd., 2019; Yong ve Awang, 2017). Bu çalışmayla, kantil regresyon yöntemiyle minimum hata ile hava kirliliği parametrelerinin gelecekte insan sağlığını etkileyecek aşırı değerleri tahmin eden en uygun regresyon modelinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmada, 2017 yılında Ankara ilinde farklı beşeri ve coğrafi özelliklere ait istasyonlarda ölçülen iklim elemanlarının (sıcaklık, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, bağıl nem ve basınç), PM10, SO₂, NO₂, CO ve O₃ hava kirliliği parametreleri üzerindeki etkileri Kantil regresyon yöntemi ile incelenmiştir. Bu çalışmada hava kirliliği parametrelerinin QR=0.25, QR=0.50 ve QR=0.75 için kantil regresyon eşitlikleri hesaplanmıştır. Bu eşitlikler arasından en uygun modelin seçimi aşamasında AIC ve SBIC değerlerinden yararlanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda tüm hava kirliliği parametrelerine ait kantil regresyon eşitliklerinin anlamlı olduğu ve en uygun modelin ise QR=0.25'inci kantil regresyon eşitliklerine ait oldukları saptanmıştır. Kantil regresyon analizinin, alt kantil değerlerinde halk sağlığını daha az etkileyen ve üst kantil değerlerinde aşırı kirlilik gösteren değerleri inceleyebilmek açısından oldukça kullanışlı bir yöntem olduğu bilinmektedir. Bu durumda alt kantil değerleri için elde edilen kantil regresyon eşitliklerinde halk sağlığını daha az etkileyen; üst kantil değerleri için elde edilen kantil regresyon eşitliklerinde ise halk sağlığını daha çok etkileyen (riskli) hava kirliliği değerlerinin düzeylerindeki değişimleri incelemek mümkün olacaktır.

Hava kirliliği bir yandan kalp ve akciğer hastalıklarına bağlı ölüm oranını artırırken,

diğer yandan bu hastalıklara bağlı hastane başvurularını artırmaktadır. Hava kirliliği özellikle çocukların akciğer gelişimini olumsuz etkilemekte ve kirliliğin yoğun olduğu bölgelerde astım ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) gibi kronik hava yolu hastalıklarının prevalansını artırmaktadır. Hava kirletici parametrelerinden biri olan PM'nin boyutu ile sağlık üzerindeki olumsuz etkisi arasında doğrusal bir ilişki vardır. PM'nin $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ten büyük kısmı burun ve nazofarenkste tutulmaktadır. $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ten küçük kısmı bronşlarda birikirken 1-2 mikron çapındakiler alveollerde 0.1 mikron çapında olanlar ise alveollerden intrakapiller aralığa diffüze olmaktadır. PM'lerin fiziksel özelliklerinin yanı sıra kimyasal kompozisyonu da sağlık açısından oldukça önemlidir. PM'ler civa, kurşun, kadmiyum gibi ağır metaller ile kanserojenik kimyasalları bünyelerinde bulundurabilmekte ve sağlık üzerinde önemli tehdit oluşturabilmektedirler. Kurum, uçucu kül, benzin ve dizel araç egzoz partikülleri benzo(a)pyrene gibi kanser yapıcı maddeler içerdiğinden bunların uzun süre solunması kansere sebep olmaktadır. CO ise alveolar-kapılar membranda kolayca difüzyona uğrayarak hemoglobine bağlanarak kanda COHb oluşmasına yol açmaktadır. CO, O₂'ye oranla hemoglobine 200 kat daha kuvvetli bağlandığından dokulara O₂ taşınmasını engellemekte ve boğulmalara neden olmaktadır. NOX'lerin pek çok türü renksiz ve kokusuzdur ve suda erimezler. Bu nedenle üst solunum yollarında elimine edilmeden solunum yollarının en uç noktalarına kadar inhale edilir ve buralarda olumsuz etkilerini gösterirler. NOX'lerin göz ve solunum yolu hastalıklarına sebebiyet verdiği bilinmektedir. O₃ suda çözünmediğinden solunum sisteminin derinliklerine ulaşarak, akciğerlerdeki olumsuz etkilerini göstermektedir. Özellikle solunum sistemi problemlerine özellikle astıma, göz ve burunda iritasyona, vücut direncinde azalmaya neden olmaktadır (Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 2019).

Alt ve üst kantil eşitliklerinden elde edilen sonuçlara göre bu çalışmada iklim elemanlarından biri olan sıcaklığın PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃, CO hava kirliliği parametreleri üzerinde anlamlı etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca rüzgâr yönünün PM₁₀, CO, O₃ değerleri üzerinde, rüzgâr hızının PM₁₀ ve NO₂ üzerinde, bağıl nemin SO₂, O₃, CO parametreleri üzerinde ve basıncın ise PM₁₀, SO₂, NO₂ ve CO hava kirliliği parametreleri üzerinde anlamlı etkileri oldukları bulunmuştur. Ulusal hava kalitesi indeksi kırılma noktalarına göre değerlendirildiğinde, tüm hava kalitesi izleme istasyonlarında ölçülen PM₁₀ ve SO₂ değerlerinin sırasıyla orta ve iyi düzeyde oldukları ayrıca Keçiören, Sincan ve Cebeci istasyonlarında ölçülen NO₂ değerlerinin, Sıhhiye ve Cebeci'de ölçülen CO değerlerinin, Keçiören ve Cebeci istasyonlarında ölçülen O₃ değerlerinin ise iyi düzeyde oldukları belirlenmiştir. Hava kirliliği parametreleri üst kantil değerleri açısından incelendiğinde ise

sadece Sıhhiye istasyonunda ölçülen PM10 değerinin hassas düzeye (yani hassas gruplar için sağlık etkilerinin oluşabileceği ve genel olarak kamunun etkilenmesinin olası olmadığı seviyeye) ulaştığı gözlenmiştir.

Bu çalışmada her bir istasyonun farklı hava kirliliği parametrelerini ve iklim elemanlarını ölçmesinin sonucu olarak kantil regresyon eşitliklerinde anlamlı çıkan parametrelerin, istasyonların bulunduğu çevrenin beşeri ve coğrafi özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilmektedir. Bu çalışma nüfus yoğunluğu, endüstri, ısınma ve ulaşım gibi sebeplerden artan hava kirliliğini bölgesel olarak incelemek, hava kirliliği parametrelerini etkileyen iklim elemanlarını tespit etmek açısından açıklayıcı olmuştur.

Literatürde Ankara ilinde hava kirliliği konusunda yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. 2018 yılında Kimya Mühendisleri Odası, Ankara Tabip Odası ve Ankara Barosu Kent ve Çevre Kurulu'nun düzenlediği ortak basın toplantısında 2018 yılına ait Hava Kalitesi raporu açıklanmıştır. Yayınlanan raporda PM10 kirleticisine ait sınır değerin 2018 yılında tam 254 defa ve PM10 uyarı eşiğinin ise 31 defa aşıldığı açıklanmıştır. Ankara'nın en kirli semti ise Sıhhiye olarak tespit edilmiş ve bunu Keçiören, Sincan ile Kayaş ilçeleri izlemiştir.

Genç, vd. (2010) Ankara'da trafikten etkilenen ve yerleşim yerlerinde 1999 ve 2000 yılları arasında ölçülen CO, NO, NO₂, SO₂ ve PM10 konsantrasyonlarındaki mekânsal ve zamansal değişimleri incelemişlerdir. Ankara'daki hava kalitesi düzeyini değerlendirmek için tüm şehrin hava kirliliği indeksini (API) hesaplamışlar ve API için çoklu doğrusal regresyon modeli geliştirmişlerdir. Yerleşim bölgelerindeki hava kalitesinin kentteki trafik faaliyetlerinden etkilendiğini bulmuşlardır. Çiçek, vd. (2004) çalışmasında ise şehir merkezinde bulunan Sıhhiye istasyonuna ait veriler ulusal sınır değerler göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, Kasım 2001 ve Nisan 2002 dönemine ait değerler kullanılmıştır. Hava kirliliğine neden olan elemanlar ile sıcaklık, rüzgâr hızı ve bağıl nem gibi iklim elemanları arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Çoklu regresyon analizi ile elde edilen sonuçlara göre özellikle mart ayında SO₂, PM10, NO, NO₂, CO ile iklim elemanları arasında orta düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir. İlgili çalışmada yazarlar Ankara'da hava kirliliği ana kaynağının ısınmada kullanılan fosil yakıtlar ve egzoz gazları olduğunu, kentin topoğrafik özellikleri ve yapılaşma sorunları nedeniyle fazla rüzgâr alamadığını söylemişler ve hava kirliliğini gidermede rüzgârdan ziyade kirleticilerin kontrol altına alınmasının daha büyük önem taşıdığını savunmuşlardır. Oğuz ve Pekin (2015) Ankara (Keçiören) ilinde 2013 ve 2014 yıllarında

görülen hava kirliliği üzerine meteorolojik koşulların etkilerini incelemişlerdir. Hava kirliliği parametreleri (PM10 ve SO₂) ve meteorolojik parametreler (sıcaklık, rüzgâr hızı, bağıl nem ve Basınç) baz alınmıştır. Hava kirliliğinin özellikle ısınma kaynaklı yakıtların kullanıldığı sonbahar ve kış mevsiminde diğer yerlerde olduğu gibi Keçiören’de de arttığını tespit etmişlerdir. Kış mevsiminde PM10 ile rüzgâr hızı ve basınç ölçüm değerleri arasında düşük düzeyde ilişkilerin olduğunu, SO₂ ile bağıl nem arasında ise orta düzeyde bir ilişkinin var olduğunu tespit etmişlerdir. Yüksel (2015), PM10 ve SO₂ konsantrasyonları, ilk olarak 1990'dan 2013'e kadar olan 23 yıllık bir süre için ve daha sonra 2013'te 12 aylık bir dönem için analiz etmiştir. Ankara'da ortalama olarak ortalama PM10 konsantrasyonları; 1990 ve 2013 yılları arasında 36 µg/m³ ila 83 µg/m³ arasındadır. Tüm çalışma sürelerinde, 2007 yılı hariç, PM10 konsantrasyonları Avrupa Birliği sınırını aşmıştır. SO₂ konsantrasyon değerleri 1990 ve 2013 yılları arasında Ankara’da 11µg /m³'den 170µg / m³'e çıkmıştır. 1990 ve 2007 yılları arasında ise SO₂ konsantrasyon değerleri Avrupa Birliği sınırını aşmıştır. Şahin, vd. (2001), 1989–1994 yıllarında Ankara ilinde kış aylarında elde edilen klima ve hava kalitesi verileri SO₂ ve TSP (toplam askıda partikül) değerleri temel alınarak analiz, zayıf atmosferik basınç gradyanlarının ve sıcak hava girişlerinin varlığının yükseklerle yol açan en önemli faktörler olduklarını göstermişlerdir.

Bolu vd., (2016), Düzce ilinin 1 Ekim 2011-31 Mart 2015 tarihleri arasındaki hava kalitesi verilerinin haftanın günlerine, aylara ve kış-yaz sezonuna göre değişimlerini incelemişlerdir. Aylar arasında PM10, SO₂ ortalamaları bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulmamışlardır. En yüksek PM10 ortalamasının Aralık ayına, en düşük PM10 ortalamasının Ağustos ayına ait olduğunu tespit etmişlerdir. Aylar arasında rüzgâr hızı ortalamaları bakımından da istatistiksel olarak anlamlı fark bulmamışlardır. En yüksek rüzgâr hızı ortalamasının Temmuz, en düşük rüzgâr hızı ortalamasının Kasım ayına ait olduğunu tespit etmişlerdir.

Eğri (1997), Malatya ilinde kış dönemine ait 1996-1997 tarihleri arasında günlük SO₂ ve partikül madde düzeylerine meteorolojik koşulların etkisini incelemiştir. Verilerin analizinde çoklu regresyon analizi kullanılmış olup, SO₂ ve partikül madde bağımlı değişken, hava sıcaklığı, nem, bağıl nem, atmosfer basıncı, yağış miktarı ve rüzgâr hızı ise bağımsız (açıklayıcı değişken) olarak alınmıştır. Rüzgâr hızı dışındaki tüm açıklayıcı değişkenler SO₂ düzeyleri üzerinde anlamlı etkileri olduğunu bulmuştur. Partikül madde düzeylerine yağış miktarı ve rüzgâr hızının etkileri kısıtlı kalırken, hava basıncı, bağıl nem ve sıcaklık değişkenleri ile

anlamli ölçüde etkilendiğini saptamıştır.

Sonuç olarak bulgularımızın literatürde yer alan bu çalışmalarla uyumlu olduğu ve Ankara’da hava kirliliğini engellemek için ciddi önlemler alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca kantil regresyon analizinin her bir hava kirliliği parametresi üzerinde iklimsel faktör/faktörlerin etkilerini elde etmek ve tahmini modeller yardımıyla geleceğe yönelik kestirimlerde bulunmak için kullanışlı bir araç olduğu söylenebilir.

KAYNAKÇA

Bayram, H. ve Dikensoy, Ö. (2005), Türkiye’de hava kirliliği sorunu: nedenleri, alınan önlemler ve mevcut durum, *Toraks Dergisi*, 6(2), 159-165.

Bolu, F., İskender S., Yılmaz, M. ve Mayda, A.S. (2016), Düzce hava kalitesi izleme istasyonu 1 Ekim 2011-31 Mart 2015 tarihleri arasındaki verilerinin incelenmesi, *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 161-167.

Ceyhan N., Şevik H. ve Pekerşen Ş. (1995), Konya ili hava kalitesi yönetimi ve kirlilik raporu, *Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü III. Ulusal Sempozyumu*, 11-13 Eylül 1995, Ankara.

Çamurlu, S. (2018), *Kantil Regresyon Analizinde Bootstrap Tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı, Cumhuriyet Üniversitesi.

Çiçek, İ., Türkoğlu, N. ve Gürgen, G. (2004), Ankara’da Hava Kirliliğinin İstatistiksel Analizi, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 1-18.

Dorak, Ö. (2017), *Kantil Regresyon ve En Küçük Kareler Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Bir Uygulama Denemesi*, Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Anadolu Üniversitesi

Dursun, Ş. (1997), Samsun İli Civarındaki Topoğrafik Yapının, bölgenin Hava Kirliliğine Etkisi, *20.Yıl Jeoloji Sempozyumu*, Selçuk Üniversitesi Mühendislik.-Mimarlık Fakültesi, 211-215.

Eğri, M. (1997), 1996-1997 Kış döneminde Malatya il merkezi hava kirliliği parametrelerine meteorolojik koşulların etkisi, *Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi*, 4(3), 265-269.

Genç, D.D., Yeşilyurt, C. ve Tuncel, G. (2010), Air pollution forecasting in Ankara, Turkey using air pollution index and its relation to assimilative capacity of the atmosphere, *Environ Monit Assess*, 166 (1-4), 11-27.

Hao, L. ve Naiman, D. (2007), *Quantitative Applications in the Social Sciences Quantile regression. Thousand Oaks, California: Sage Publication.*

Koenker, R. (2019), Quantreg: Quantile regression, available from: <https://cran.r->

project.org/web/packages/quantreg/quantreg.pdf.

Kyrkilis, G., Chaloulakou, A. ve Kassomenos, P.A. (2007), Development of an aggregate Air Quality Index for an urban Mediterranean agglomeration: Relation to potential health effects. *Environment International*, 33(5), 670-690.

Kunt, F. (2007), Hava Kirliliğinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Modellenmesi ve Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi.

Leping, K-O. (2005), *Public-Private Sector Wage Differential in Estonia: Evidence from Quantile Regression*, Tartu University Faculty of Economics and Business Administration, Tartu: Tartu University Press, 39.

Liang, L., Gong, P., Cong, N., Li, Z., Zhao, Y. ve Chen, Y. (2019), Assessment of personal exposure to particulate air pollution: the first result of City Health Outlook (CHO) Project, *BMC Public Health*, 19(1), 711.

Munir, S., Chen, H. ve Ropkins, K. (2011), An investigation into the association of ozone with traffic-related air pollutants using a quantile regression approach, *WIT Transactions on Biomedicine and Health*, 15(12), 21-32.

Norooziyan, M., Karami, F., Shahdadnejad, M., Nikbakht, M. ve Abbasnia, M. (2019), The association between urban pollutants and preterm birth occurrences: a case study of Mashhad-Iran, *Resour Environ Econ*, 1(2): 50-56.

Oğuz, K. ve Pekin, M.A. (2015), Meteorolojik Koşulların Hava Kirliliği Üzerine Etkilerinin İncelenmesi: Keçiören İlçesi Örneği, mgm.gov. tr sitesi: https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/8-Meteorolojik_Kosullarin_Hava_Kirliligine_Etkisi.pdf., Erişim tarihi: 15.02.2018

Porter, W.C., Heald, C.L., Cooley, D. ve Russell, B. (2015), Investigating the observed sensitivities of air-quality extremes to meteorological drivers via quantile regression, *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 10349–10366.

Sharma, M. (2014), National Air Quality Index, *Control of Urban Pollution*, indiaenvironmentportal.org sitesi: <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Air%20Quality%20Index.pdf>, erişim tarihi: 12.09.2019.

Shulze, N. (2004), *Applied Quantile Regression: Microeconomic, Financial and Environmental Analyses*, PhD thesis, Tübingen: Almanyaya Universtat Tübingen.

Shumway, R.H. ve Stoffer, D.S. (2011), *Time Series Analysis and its Applications: with R Examples*, New York: Springer.

Şahin, M., İncecik, S., Topçu, S. ve Yıldırım, A. (2001), Analysis of Atmospheric Conditions during Air Pollution Episodes in Ankara, Turkey, *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 51(7), 972-982.

T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü internet sitesi, *Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri*, https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/?option=com_content&view=article&id=650:hava-kirliligi-ve-saglik-etkileri&catid=633:çevre-sağlığı-birimleri-çed&lang=tr-TR, erişim tarihi: 10.10.2019.

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası (2017), *Hava Kirliliği Raporu*, http://cmo.org.tr/resimler/ekler/2145efce8f89f52_ek.pdf, erişim tarihi: 09.09.2019.

TMMOB Kimya Mühendisleri Odası (2019), *Basın Açıklaması: Ankara'nın havası insan sağlığını tehdit ediyor*, http://www.kmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=4354&tipi=0&sube=1, erişim tarihi: 12.01.2019.

Uyar, U., Kangallı Uyar, S. ve Gökçe, A. (2016), Gösterge faiz oranı ve dalgalanmaları ile BİST endeksleri arasındaki ilişkinin eşanlı kantil regresyon ile analizi, *Ege Akademik Bakış*, 16(4), 587-598.

Turgut, D. ve Temiz, İ. (2015), Ankara'daki hava kirliliği için zaman serileri analizi ve tahmin: Box-Jenkins yaklaşım, *Alphanumeric Journal-The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, 3(2), 131-138.

Yong, N.K. ve Awang, N. (2017), Quantile regression for analysing PM10 concentrations in Petaling Jaya, *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 13(2), 86-90.

Yüksel, Ü.D. (2015), Assessment of the air quality in Ankara, Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(3a), 986-996.

Xu, B. ve Lin, B. (2018), What cause large regional differences in PM2.5 pollutions in China? Evidence from quantile regression model, *Journal of Cleaner Production*, 174, 447-461.

Xu, X., Xu, Z., Chen, L. ve Li, C. (2019), How does industrial waste gas emission affect health care expenditure in different regions of China: an application of bayesian quantile regression, *Int J Environ Res Public Health*, 16(15), 2748.

World Health Organization (2016), *Ambient (outdoor) air quality and health*, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>, erişim tarihi: 10.10.2019.